

A EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTE TÊXTIL *IN NATURA* POR *ASPERGILLUS NIGER* AN400 EM BATELADAS SEQUENCIAIS.

Andreza Dnarla Oliveira Santos¹

Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental (IFCE)

Jéssica Cavalcante²

Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental (IFCE)

Alana Mayara Ximenes de Souza³

Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental (IFCE)

Glória Marinho⁴

Doutora em Saneamento (USP)

Ronald Pessoa⁵

Mestre em Saneamento Ambiental (UFC)

Kelly Rodrigues⁶

Doutora em Saneamento (USP)

Endereço: Av. Treze de maio, nº 2081, Benfica, Fortaleza/CE, CEP: 60040-531, Brasil, Tel: +55 (85) 3307-3750, e-mail: andrezadnarla@gmail.com

1.RESUMO

O lançamento incorreto de efluente têxtil que é rico em matéria orgânica, corante e substâncias recalcitrantes pode acarretar uma série de distúrbios no corpo receptor, como o aumento da turbidez que interfere diretamente na taxa fotossintética, diminuído a quantidade de oxigênio dissolvido no meio, causando a mortandade de algumas espécies autóctones. Visando a melhoria deste efluente, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o tratamento de efluente têxtil *in natura* a partir do uso de reator biológico em bateladas sequencial com *Aspergillus niger* AN400. As variáveis monitoradas foram a matéria orgânica carbonácea, corante e pH. O efluente têxtil foi diluído a 20%(v/v) e foi adicionado glicose(4g/L). O pH manteve-se dentro dos valores ideal para o metabolismo fúngico. Foi obtida a remoção média de corante de 85%. A remoção de DQO particulada e dissolvida foi de 54,60% e 54,45%, respectivamente. É necessária a melhoria do sistema com a finalidade de melhorar a remoção de matéria orgânica carbonácea, por possíveis formações de subprodutos do meio.

Palavra-chave: Efluente têxtil, Índigo Carmin, *Aspergillus niger* AN400

2.INTRODUÇÃO

A indústria têxtil é um segmento de grande tradição em alguns países, sendo em países emergentes é responsável por grande parte da economia, estando em crescente desenvolvimento devido à alta demanda, a indústria têxtil representa um potencial poluidor devido ao consumo exarcebado de corantes na etapa de tingimento e ao consumo de aditivos (ligantes, fixadores, antiespumantes, espessantes, amaciantes, resinas, antichamas, antiestático e antifungos) durante as etapas de pré-tingimento e armazenagem. (Forgiarini, 2006). Além de grande consumidora de recursos naturais como a água e as fibras.

O efluente de indústrias têxtil é composto por cor marcante, alta carga orgânica e compostos tóxicos (Paschoal *et al.*, 2005).Diante dessa realidade o despejo inadequado dos resíduos e efluentes industriais pode impactar intimamente o corpo receptor

conduzindo a sérios problemas ambientais, dentre eles a redução da taxa fotossintética e a presença de substâncias recalcitrantes no meio, alterando a qualidade natural dos corpos receptores.

Convencionalmente, esses desejos são tratados por métodos biológicos, lodos ativados e físico-químicos, incluindo a coagulação, a floculação, a ozonização, a oxidação, a troca iônica, a irradiação e a adsorção. Algumas dessas técnicas de tratamento têm se mostrado eficiente, embora possuam limitações, seja por questões econômicas ou praticas (AKSU *et al*, 2008 *apud* Santos,2013).

Diante dos problemas causados ao meio ambiente pelo tratamento inadequado ou incompleto de efluente têxtil, novas tecnologias têm sido buscadas para auxiliar o tratamento desses efluentes, destacando-se o processo biotecnológico por fungos, especialmente o *Aspergillus niger*, como demonstrado nos estudos de Rodrigues (2011), Pires(2011) e Silva(2009).

Segundo Rodrigues (2006) os fungos são micro-organismo que apresentam grande versatilidade e são possuidores de algumas vantagens como, tolerância a variações de pH, elevada produção de enzimas (*proteases e lacases*) e capacidade de adaptar-se às condições limitante de oxigênio e de nutrientes.

Deste modo, o presente trabalho tem por finalidade avaliar o potencial de remoção do corante Indigo Carmin e matéria orgânica de efluente têxtil *in natura* utilizando reator biológico em batelada, inoculado com biomassa imobilizada de *Aspergillus niger* AN 400.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterizações do efluente:

A água residuária *in natura* foi fornecida por uma indústria têxtil localizada no município de Maracanaú- CE, sendo esta coletada semanalmente. O ponto de coleta escolhido foi à montante do tratamento biológico realizado pela indústria, sendo o efluente caracterizado pela intensa coloração azul, devido à presença de grande concentração do corante Índigo carmin.

As coletas foram realizadas utilizando-se frasco de polietileno de 5L previamente descontaminado com ácido clorídrico 10%. As análises foram realizadas no Laboratório de Tecnologia Ambiental (LATAM) do Instituto Federal de Educação, ciência e tecnologia do Ceará (IFCE) de acordo com APHA (2005).

3.2 Inóculo:

A espécie usada no trabalho foi o *Aspergillus niger* AN400 na forma de uma solução de esporos, na concentração de 2×10^6 esporos/mL. Na preparação do inóculo foi realizada a produção de esporos, semeando a espécie em placas de Petri esterelizadas, contendo meio de cultura Agar- Saboraud. O meio foi previamente esterelizado em autoclave a 121°C, durante 15 minutos.

As placas inoculadas com fungos permanecem por cinco dias em incubadora microbiológica à temperatura de 28°C, tendo-se ao final deste período observado o crescimento dos esporos por toda a placa.

3.3 Procedimentos de contagem dos esporos:

Após o período de cinco dias, os esporos foram removidos das placas com solução de Tween 80 e transferidos para tubos de ensaio. Para contagem dos esporos foi preparada uma solução utilizando 50 μ L da suspensão, previamente agitado com o Vórtex, acrescido de 950 μ L de solução de Tween 80, resultando em diluição de 1:20. Em seguida, foram

transferidos para uma câmara de Newbauer, 20 μ L da solução preparada, onde se procedeu à contagem dosesporos em microscópio óptico, com aumento de 400 vezes. No qual foi obtida a concentração de 4,9x10⁹ esporos/mL.

3.4 Imobilizações da biomassa em meio suporte:

A espécie foi imobilizada em espuma de poliuretano cortada em cubos de 1 cm de arestas, fazendo uso de frascos (erlenmayer) de 250 mL, contendo 5 g/L de glicose e meio de crescimento, constituído por Sulfato de Alumínio (0,8 mg/L); Nitrato de Sódio (4 mg/L); Sulfato de Magnésio (1 mg/L); Fosfato de Potássio Dibásico Anidro (0,8 mg/L); Cloreto de Cálcio (0,04 mg/L); Sulfato de Cobre (0,32 mg/L); Ácido Molibídico (0,2 mg/L); Sulfato de Manganês (0,2 mg/L); Sulfato Férrico (0,2 mg/L); Sulfato de Zinco (0,16 mg/L) e solução de Vishiniac (4 mL/L), a fim de promover o seu crescimento pelo material suporte antes de sua adição no reator.

Quinze gramas de espumas foram previamente esterilizadas em autoclave por 20 min a 121 °C e colocadas em saquinhos de polietileno. Os saquinhos de polietileno foram colocados dentro de 3 erlenmeyers com volume útil de 250 mL, cada qual contendo cinco gramas da espuma juntamente com 150 mL do meio de crescimento.

O meio de crescimento e os saquinhos de polietileno foram transferido para o 3 erlenmeyers com volume útil de 250 mL, com cada um contendo 5 gramas de espuma juntamente com 150 mL de meio de crescimento. Em seguida, inoculou-se a solução de esporos, na concentração de 2 x 10⁹ esporos/ mL, sendo o procedimento realizado próximo ao bico de Bunsen, para evitar contaminação do meio. Os erlenmeyers foram mantidos em uma mesa agitadora horizontal, sob agitação de 150 rpm e \pm 28°C durante 2 semanas de modo que ao completar 48h, o meio antigo foi substituído por um novo. Após a etapa de imobilização, as espumas foram transferidas para o reator em batelada para a partida do mesmo.

3.5 Montagem e operação do reator em bateladas sequenciais:

Para a realização do tratamento, objetivou-se o uso do efluente diluído a 20% visto que em concentrações maiores havia falência do reator, provavelmente devido à intensa perda de biomassa (PIRES, 2011). Portanto, o efluente sintético utilizado no tratamento teve como base o efluente *in natura*, acrescido de nutrientes, antibiótico e fonte de carbono.

O reator, confeccionado em vidro, possui volume total de 5 litros e foi operado em ciclos de 48 h, recebendo a cada ciclo 4L de efluente sintético com a seguinte composição: 900 mL do efluente bruto coletado na indústria e 3,600 mL de água da torneira, meio basal com a seguinte composição (em g/L): MgSO₄ (1,12), K₂HPO₄ (0,9), CaCl₂. 2H₂O (0,04), CuSO₄. 7H₂O (0,36), H₂MoO₄ (0,22), MnSO₄. 5H₂O (0,22), Fe₂(SO₄)₃ (0,22), ZnSO₄. 7(H₂O) (0,18). Também foi utilizada 1,5mL/L de uma solução de micronutrientes (solução de *Vishniac*) de composição (em mg/L): H₃BO₃ (50), FeCl₂. 4H₂O (2000), ZnCl₂ (50), MnCl₂. 4H₂O (500), CuCl₂. 2H₂O (38), AlCl₃H₂O (90) e CoC₁₂6H₂O (2000), além de 0,045 g/L de antibiótico. O pH do meio aquoso *in natura* foi previamente ajustado para 5,00, com ácido sulfúrico P.A para fornecer ao *Aspergillus niger* pH ótimo para seu metabolismo (GRIFFIN, 1994).

4. RESULTADOS

4.1 CORANTE

A figura 1 demonstra o decaimento do corante durante os 13 ciclos operacionais em estudo, a média de remoção nos ciclos foi de 85%, sendo os ciclos 1 e 9 os de maiores remoção com 99,13% e 98,90% respectivamente. E os ciclos 3 e 12 com menores remoção, porém, também satisfatória com 80,71% e 81,46%, respectivamente.

Os altos índices de remoção podem estar ligados ao processo de adsorção do corante na parede do micélio do fungo ou nas esponjas utilizadas para a imobilização da biomassa, que é um processo reversível. Como também pode ter havido o processo de bioadsorção, que é mais lento e envolve mecanismos de transporte ativo e passivo, a começar com a difusão do componente à superfície da célula fúngica, sendo este um processo irreversível. (Wang *et al.*,2008 *apud* Silva, 2011).

Segundo Rodrigues (2010) *apud* Pires (2011), os micro-organismos podem retirar a cor do efluente através de dois mecanismos: a biodegradação e bioadsorção. O primeiro processo é realizado por meio de enzimas que acometem e desfazem as ligações químicas mais importantes do corante, aproveitando-as como fonte de carbono; já a segunda ocorre pela retenção de corante na parede celular do fungo.

A adição da glicose também pode ter favorecido a remoção do corante, de acordo com Espósito e Azevedo (2004), os carboidratos são a fonte de carbono que são assimilados mais simplesmente de fungo para produção de biomassa.

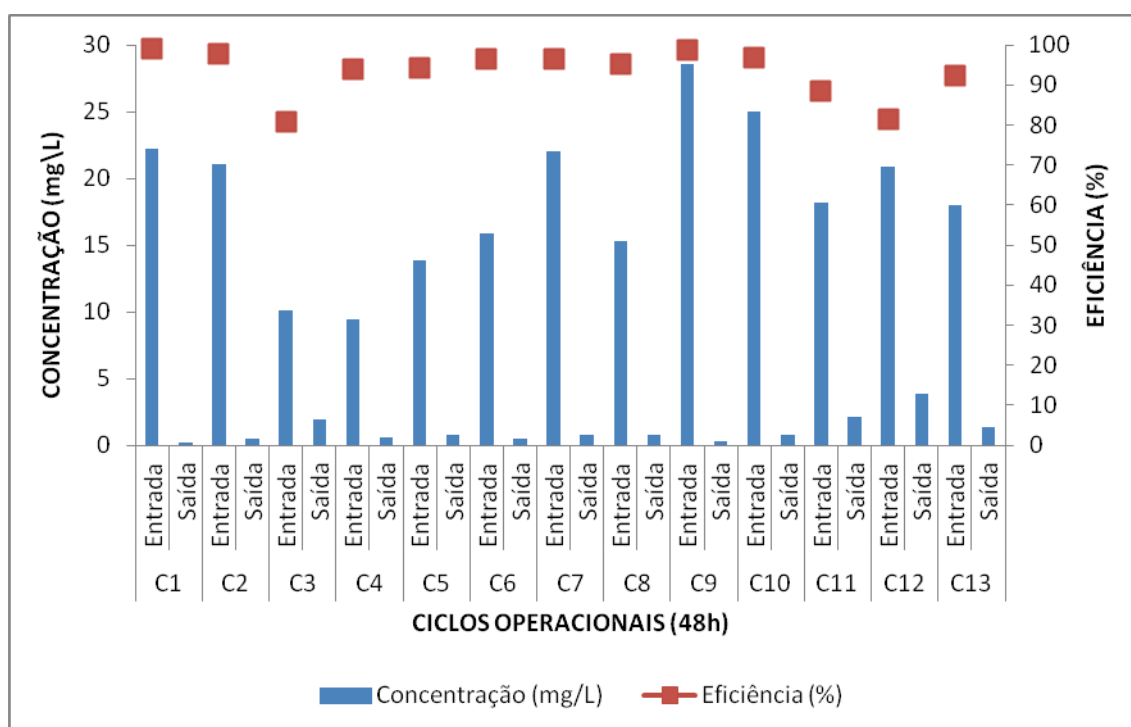


FIGURA 1. VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO CORANTE NOS CICLOS OPERACIONAIS.

4.2 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

O monitoramento do pH fez-se necessário por este ser um parâmetro importante que influencia do metabolismo fúngico, como também para a secreção de enzimas.(SPIER, 2005).

Como pode ser visto na Figura 2, os valores de pH ao final de cada ciclo manteve-se na faixa ácida, com variações entre 3,64 e 4,1. Segundo Griffin,(2004) o pH ideal para o pleno funcionamento do arsenal enzimático do fungo é de 4 a 6, contudo a maioria dos fungos filamentosos suporta variações entre 2 e 9.

O diminuição do pH na saída dos reatores pode estar relacionada com adição de 4g.L^{-1} de glicose determinando a produção de ácidos orgânicos, que são originados a partir do consumo do substrato, dando origem a metabolitos secundários, que adéqua ao fungo o meio acido, que é ideal para o produção enzimática e a para remoção do corante (More *et al.*,2010).

Os maiores índices de remoção de cor coincidiu com a diminuição do pH como pode ser observado nos ciclo 1 (99,13%) que o pH decaiu de 5,04 para 4,01 e no ciclo 9 (98,90%) onde o decaimento foi de 5,01 para 3,79 do mesmo modo nos ciclo 6, ciclo 7, e ciclo 10, onde todos apresentaram media de remoação de 96%.

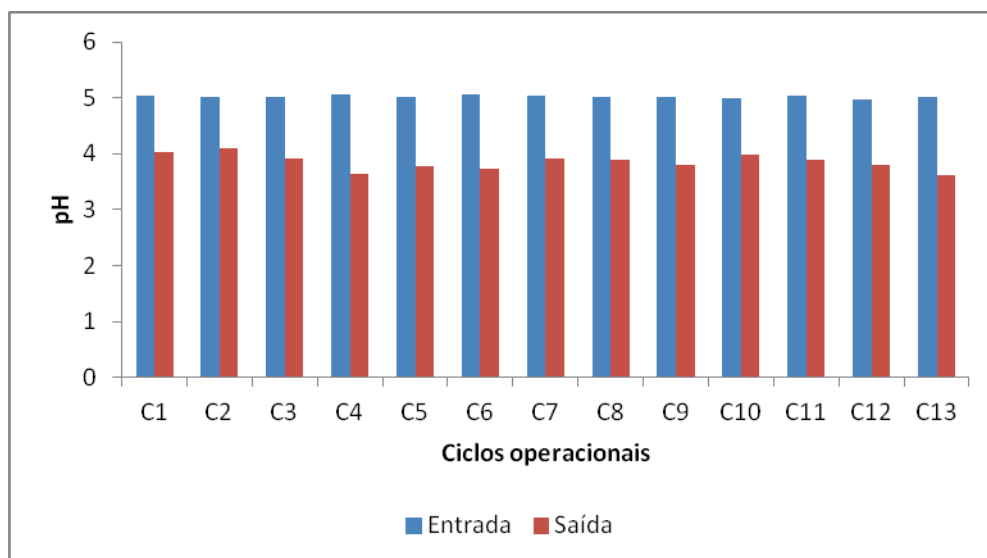


Figura 2. Variação do potencial hidrogênio nos ciclos estudados

4.3 MATÉRIA ORGÂNICA CARBONÁCIA

A DQO representa a quantidade de oxigênio requerida para o oxidação da matéria orgânica e inorgônica por meio do dicromato de potássio e meio ácido como catalizador. Nos ciclos peracionais, a média de remoção de DQO dissolvida foi de 54,45%, com remoção máxima de 88,16% no ciclo 13 e remoção mínima de 36,41% no ciclo 3, e a remoção média de DQO particulada foi 54,60%, com remoção máxima no ciclo 13 e mínima no ciclo 11, 87,65% e 40,72%, respectivamnete.

A remoção de corante acompanhou o a remoção de DQO nos ciclos sitados acima. A presença da glicose corroborou para a melhor utilização do poluente pelos fungos. Segundo Singh, 2006, o poluente se envolve em reações secundarias com os produtos formados durante a oxidação enzimática do substrato, deste modo facilitando a sua bioassimilação.

O decréscimo de eficiência de remoção de matéria orgânica, bem como o seu aumento, pode está relacionada com a formação de subprodutos originários da utilização de corante pelo micro-organismo e até por liberação de compostos de excreção(Silva *et al.*, 2013).

Nos ciclos C2, C3, C5, C10 e C13, foi obeservado a diminuição de eficiência na DQO dissolvida em relação a DQO particulada. Segundo Siqueira *et al.*,2013, este fato está relacionado com a presença da biomassa fúngica nas amostras que não eram calculadas nas análises de DQO dissolvida.

Outra explicação para a baixa remoção de carga organica deve-se a fraca aeração do meio, verificada em alguns momentos devido o crescimento da biomassa na saída da

aeração. Ocasionalmente a diminuição da eficiência do sistema em reator em batelada, como também pôde ser visto na pesquisa de Júnior *et al*,201X.

A alta remoção de corante em comparação com a baixa remoção de DQO deve estar relacionada com a concentração de glicose, que é um substrato de fácil assimilação, que contribui para o crescimento da biomassa fúngica, onde o corante ficou incorporado por adsorção.(Pires *et al*,2010).

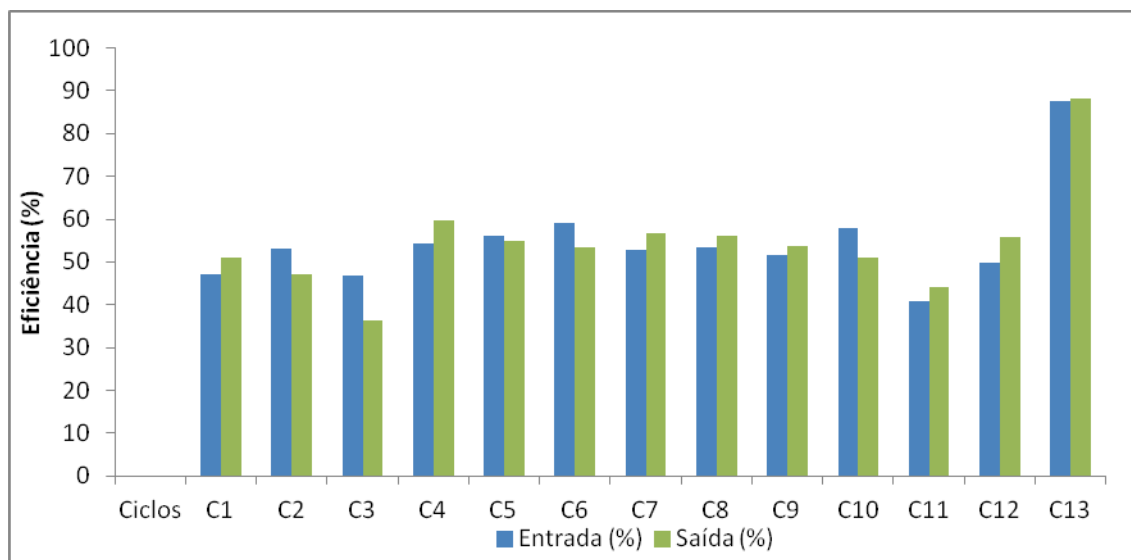


Figura 3. Valores de eficiência de matéria orgânica bruta e matéria orgânica particulada.

5. CONCLUSÃO

A aplicação da espécie *Arpergillus niger* AN400 em reatores biológicos mostrou-se viável para a remoção de corante têxtil, especialmente o Índigo Carmin. Apesar, do stress sofrido pelo reator, foram registrados remoção média de 85% do corante. A concentração de glicose pode ter prejudicado a remoção do poluente, com média de 54% de remoção de matéria orgânica. A comunidade fúngica mostrou-se capaz em liberar substâncias tamponantes que adequaram o pH do meio conforme o seu metabolismo.

Faz-se necessário a continuação da pesquisa e a melhoria contínua do sistema, afim de que os micro-organismos possam contribuir ainda mais para as novas tecnologias empregas ao saneamento ambiental.

6. AGRADECIMENTOS

À Deus, ao Laboratório de Tecnologia Ambiental e ao CNPq pelo apoio financeiro (Edital Universal- Processo no. 475831/2010)

7. REFERÊNCIAS

1. APHA – AWWA - WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 ed.
2. AKSU, Z.; KARABAYIR, G. **Comparison of biosorption properties of different kinds of fungi for the removal of Gryfalan Black RL metal-complex dye**. *Bioresource Technology*, v. 99, n.16, p. 7730-7741. 2008.

3. ESPOSITO, E., AZEVEDO, J. L.. **Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia**. Caxias do Sul: EDUCS, 510p, 2004.
4. Forgiarini, Eliane. **Degradação de Corantes e Efluentes Têxteis Pela Enzima *Horseradish Peroxidase* (HRP)**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina, 2006
5. GRIFFIN, D. H. **Fungal physiology**. 2a ed. New York. Wiley-Liss, 1994. 458p.
- 6.
7. MORE, T. T., YAN, S., TYAGI, R. D., SURAMPALLI, R.Y. **Potential use of filamentous fungi for wastewater sludge treatment**. *Bioresource Technology* 101, 7691-7700, 2010.
8. MOREIRA JUNIOR, F.A., MELO, I.P., MIRANDA, M.F. de, RODRIGUES, K., MARINHO, G.: **Influência da sacarose na remoção de corante vermelho do congo por uso de reator em batelada sequencial inoculado com *Aspergillus niger* AN400**.
9. PASCHOAL, F. M. M., TREMILIOSI-FILHO, G. **Aplicação da tecnologia de eletrofloculação na recuperação do corante índigo blue a partir de efluentes industriais**. *Química Nova*, v.28, n.5, p.766-772, 2005.
10. PIRES, J. **Avaliação do tratamento de água residuária de indústria têxtil utilizando reatores em batelada inoculados com *aspergillus niger* an 400**. Monografia (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental), Departamento de Química e Meio Ambiente, IFCE, Fortaleza, 66p, 2011.
11. RODRIGUES, H. D. P. **Potencial biossortivo e biodegradativo das células de "*saccharomyces cerevisiae*" livres e imobilizadas em alginato de cálcio na remoção de corantes têxteis**. Dissertação (mestrado), Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, 2010.
12. Santos, A.D.O, Cavalcante, J.: Silva, K.M.da, Adriano, Wanderley.R.P., Rodrigues, K. **Uso de biorreator fúngico operado em bateladas sequenciais para o tratamento biológico de efluente têxtil diluído**. Congresso Norte Nordeste de pesquisa e inovação, 2012.
13. Silva, K.M.L.da; Andrade, M.V.F; Lima, P.C.; Wanderley, C.R.P.; Marinho, G.; Rodrigues, K. **Papel do cossubstrato na remoção de corante têxtil por *Aspergillus niger* NA400 inoculado em reator em bateladas sequenciais** in *Fungos e Aguas Residuarias Industriais: Noa Tecnologia/Kelly Rodrigues, Glória Marinho; coordenação Laboratório de Tecnologia Ambiental do IFCE*, p.137-153, 2012
14. SING, H. **Mycoremediation: Fungal Bioremediation**. Canada: Wiley, 617p., 2006.
15. WANG, B. E., HU, Y. Y. **Bioaccumulation versus adsorption of reactive dye by immobilized growing *Aspergillus fumigatus* beads**. *Journal of Hazardous Materials*, v. 157, n. 1, p. 1-7, 2008.